

ABSTRACT

DE3501522

The invention relates to a process for the production of steel rails with low residual stresses by means of roller straightening. Before entering the roller straightening machine, the rails, which have been cooled to below 100 DEG C following hot rolling, are heated in the rail web to 100-500 DEG C, preferably about 150-350 DEG C, and after straightening, cool to room temperature in air. This measure reduces the longitudinal tensile stresses in the rail head and foot to below 50 N/mm² and thus increases the fracture resistance of the rail. While a rail straightened without heating of the web exhibits the characteristic a represented in Fig. 2 as regards its residual stresses, the considerably more advantageous characteristic b is established in the rail straightened in accordance with the invention.

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

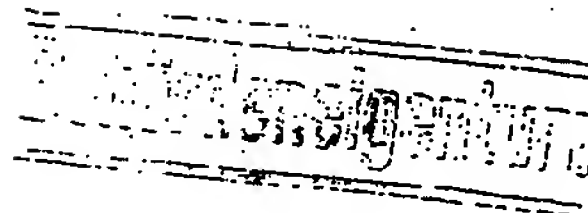


DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3501522 C1

⑤① Int. Cl. 4:
C21D 9/04

②① Aktenzeichen: P 35 01 522.5-24
②② Anmeldetag: 18. 1. 85
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 3. 4. 86



DE 3501522 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Krupp Stahl AG, 4630 Bochum, DE

⑦④ Vertreter:

Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 4000 Düsseldorf

⑦② Erfinder:

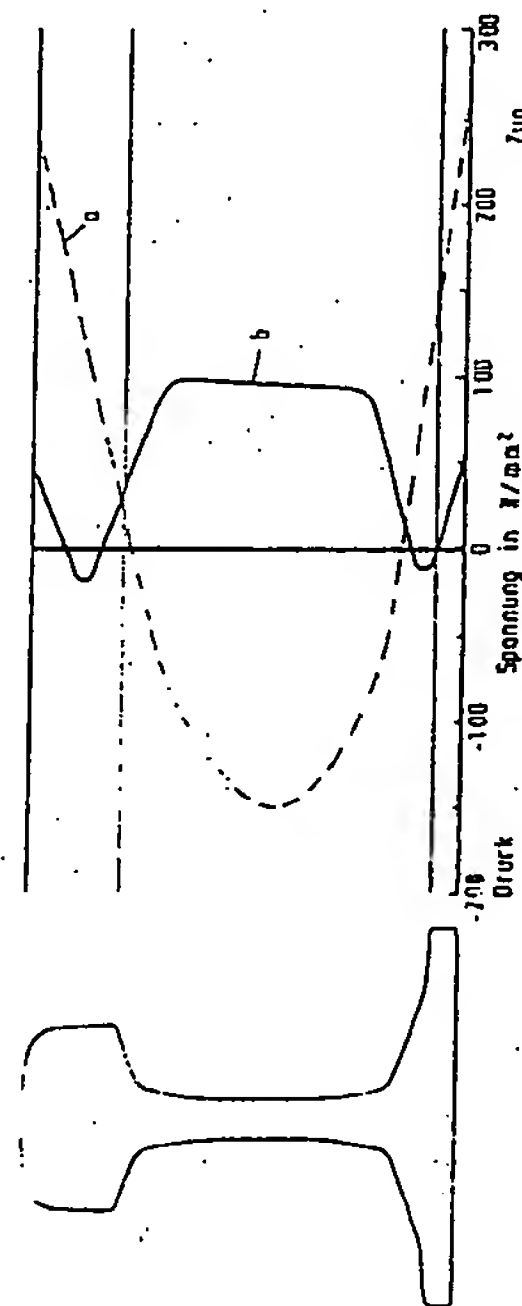
Heller, Wilhelm, Dr.-Ing.; Flügge, Jürgen, Dr.-Ing.,
4100 Duisburg, DE; Schweitzer, Reinhard, Dr.-Ing.,
4000 Düsseldorf, DE; Weber, Lutz, Dr.-Ing., 4330
Mülheim, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS 4 22 991
DE-OS 32 23 346
DE-OS 12 88 620

⑤④ Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten. Die nach dem Warmwalzen unter 100°C abgekühlten Schienen werden vor dem Einlauf in die Rollenrichtmaschine im Schienensteg auf 100-500°C, vorzugsweise um 150-350°C, erwärmt und kühlen nach dem Richten an Luft auf Raumtemperatur ab. Durch diese Maßnahme werden die Längszugspannungen im Schienenkopf und -fuß auf unter 50 N/mm² abgebaut und somit die Bruchsicherheit der Schiene erhöht. Während eine ohne Stegerwärmung gerichtete Schiene mit Bezug auf ihren Eigenspannungszustand den in Fig. 2 dargestellten Verlauf a hat, stellt sich bei einer erfindungsgemäßen gerichteten Schiene der wesentlich günstigere Verlauf b ein.



DE 3501522 C1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten, dadurch gekennzeichnet, daß die nach dem Warmwalzen unter 100°C abgekühlten Schienen vor dem Einlauf in die Rollenrichtmaschine im Schienensteg auf 100–500°C erwärmt werden und nach dem Richten an Luft auf Raumtemperatur abkühlen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schienensteg um 150–350°C erwärmt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß über den Schienensteg hinaus der untere Bereich des Schienenkopfes und der obere Bereich des Schienenfußes miterwärmt werden.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung induktiv mittels den zu erwärmenden Schienenquerschnitten angepaßter Induktionsspulen erfolgt.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung über Brenner erfolgt.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung im Durchlauf erfolgt.

7. Anwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6 auf gewalzte Stahl-Profile mit einem Steg und sich senkrecht zu diesem Steg anschließenden Kopf- und/oder Fußteilen, wie T- bzw. Doppel-T-Träger.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eigenspannungsarmer Stahlschienen mittels Rollenrichten.

Durch Warmwalzen von Schienenstählen in entsprechend kalibrierten Walzen hergestellte Schienen kühlen nach dem Walzen auf Kühlbetten an Luft auf 20 bis 100°C ab. Wegen der unterschiedlichen Verhältnisse von Masse zu Oberfläche bei Schienenkopf und -fuß verbiegen sich die Schienen jedoch beim Abkühlen. Sie müssen deshalb wegen der Geradheitsanforderungen auf Rollenrichtmaschinen gerichtet und, sofern erforderlich, noch mit Stempelpressen nachgerichtet werden (DE-Fachbuch »Die Eisenbahnschiene« von Fritz Fastenrath, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 1977, Seiten 113/114). Dabei entstehen auf der Fahrfläche des Schienenkopfes und an der Unterseite des Schienenfußes hohe Zugeigenspannungen, wie auf Seite 37 des oben angegebenen Fachbuches beschrieben. Diesen Spannungen überlagern sich im Betrieb z. B. im Schienenfuß Biegezugspannungen durch die Einwirkung der Räder und Längszugspannungen durch Abkühlung und Kontraktion der Schienen bei tiefen Temperaturen.

Die in den Schienen vorhandenen Zugeigenspannungen setzen daher die Bruchsicherheit der Schienen bei Vorhandensein von Oberflächenfehlern, wie z. B. Ermüdungsanrissen, bei statischer oder schlagartiger Beanspruchung herab [Technische Mitteilungen Krupp, Werksberichte 39 (1981), Seiten 33 bis 44].

Zur Absenkung der Eigenspannungen kann man die Schienen spannungsarmglühen, recken (DE-OS 32 23 346) oder gesteuert abkühlen und seitlich richten

(DE-PS 19 42 929).

Diese Verfahren sind einerseits sehr aufwendig (Spannungsarmglühen), andererseits ergeben sich verfahrenstechnische Schwierigkeiten (Reckrichten); und z. T. sind die für einen Personenverkehr mit hohen Geschwindigkeiten geforderten Geradheiten nicht sicher einstellbar (Reckrichten, gesteuerte Abkühlung in Verbindung mit seitlichem Richten).

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein wirksames und kostengünstiges Verfahren zum Abbau der Eigenspannungen von Stahlschienen zu schaffen, das in den üblichen Produktionsfluß bei der Schienenherstellung integriert werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß beim Rollenrichten der Schienen die nach dem Warmwalzen unter 100°C abgekühlten Schienen vor dem Einlauf in die Rollenrichtmaschine im Schienensteg auf 100–500°C, vorzugsweise um 150–350°C, erwärmt werden und nach dem Richten an Luft auf Raumtemperatur abkühlen.

Durch diese Maßnahme ergeben sich im Steg Druckvorspannungen in Höhe der Streckgrenze. Das Rollenrichten kann mit geringeren Kräften erfolgen und führt zu gleichmäßigeren Verformungen über den Schienenquerschnitt. Nach dem Richten gleicht sich die Temperatur des Steges der von Schienenkopf und -fuß an. Die Längszugspannungen in Kopf und Fuß werden abgebaut und können sogar in Druckspannungen umgewandelt werden.

Die Erwärmung des Steges wird bevorzugt induktiv vorgenommen, sie kann jedoch auch über Brenner erfolgen. Die Temperaturdifferenz zwischen Steg einerseits und Kopf und Fuß andererseits kann in einem Schritt oder in mehreren Schritten bei Einlauf in die Richtmaschine und während des Richtens vorgenommen werden. Durch Veränderung des erwärmten Schienenquerschnittes können die Eigenspannungen mehr oder weniger stark abgebaut oder in Druckspannungen umgewandelt werden. Druckspannungen ergeben sich, wenn über den Steg hinaus der untere Bereich des Schienenkopfes und der obere Bereich des Schienenfußes miterwärmt werden.

Vorteilhafterweise erfolgt die Erwärmung über Induktoren und/oder Brenner im Durchlauf.

Die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens kann am Beispiel einer hochfesten naturharten Schiene mit 1250 N/mm² Zugfestigkeit verdeutlicht werden. Die Schiene hatte folgende chemische Zusammensetzung (Gewichts-%): 0,75% C, 0,72% Si, 1,1% Mn, 0,95% Cr, 0,11% V, 0,018% S, 0,017% P, 0,025% Al. Bei normalem Richten stellen sich auf der Fahrfläche und auf der Fußunterseite Längszugspannungen von 250 bis 260 N/mm² ein. Beim Richten mit einem um 300°C erwärmten Steg werden die Längszugspannungen auf Werte unter 50 N/mm² abgesenkt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch zum Abbau von Eigenspannungen gewalzter Stahlprofile mit einem Steg und sich senkrecht zu diesem Steg anschließenden Kopf- und/oder Fußteilen, wie T- bzw. Doppel-T-Träger und dergleichen, angewendet werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Schienen-Profil im Querschnitt,

Fig. 2 die Eigenspannungsverteilung im Schienenquerschnitt,

Fig. 3 normal gerichtete Schiene mit Ermüdungsanriß im Schienenfuß,

Fig. 4 erfindungsgemäß gerichtete Schiene mit Ermüdungsanriß im Schienenfuß,

Fig. 5 ein Diagramm betr. die Rißzähigkeit einer erfindungsgemäß gerichteten Schiene.

Fig. 1 zeigt in maßstäblicher Darstellung das Profil einer Schiene mit einem Kopf 1, einem Steg 2 und einem Fuß 3. Bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens empfiehlt es sich, nicht nur den Steg 2, sondern weitere Querschnitte zu erwärmen, so den unteren Bereich 1' des Schienenkopfes 1 im Übergang zum Steg 2 und den oberen Bereich 3' des Schienenfußes 3 im Übergang zum Steg 2.

Die Verbesserung des Eigenspannungszustandes im Schienenquerschnitt verdeutlicht Fig. 2. Bei normalem Richten ergab sich an der untersuchten naturharten Schiene mit 1250 N/mm² Zugfestigkeit der Verlauf *a* mit hohen Zugspannungen in Kopf und Fuß. Beim Richten mit Stegerwärmung auf 300°C stellte sich der wesentlich günstigere Verlauf *b* ein.

Die Verbesserung des Gebrauchsverhaltens dieser Schiene läßt sich am Beispiel von Dauerschwingversuchen mit Ermüdungsanrissen im Schienenfuß 3 belegen. Bei einer Oberspannung von 200 N/mm² brach die normal gerichtete Schiene mit einem Ermüdungsriß von *c* = 1,7 mm Tiefe (Fig. 3). Bei der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gerichteten spannungsarmen Schiene erhöht sich die ertragene Rißtiefe auf *d* = 7 mm (Fig. 4). Fig. 3 und Fig. 4 sind maßstäblich gezeichnet.

Da Oberflächenfehler dieser Tiefe an Schienen nicht oder nur äußerst selten vorkommen, tritt somit bei Schienen, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren spannungsarm gerichtet werden, eine wesentliche Verbesserung der Bruchsicherheit ein.

Die Rißzähigkeit ist eine Werkstoffgröße, die die Bedingungen für instabiles Rißwachstum (Spröbruch) in Abhängigkeit von der Spannung und der Rißgröße angibt. Wie in Technische Mitteilungen Krupp Werksberichte 39 (1981), Seiten 33 bis 44, dargestellt, ist es zulässig, die Gesetze der linear-elastischen Bruchmechanik auf Schienen anzuwenden und daraus die Bedingungen für Spröbruch quantitativ abzuleiten. Man muß allerdings die Eigenspannungen bei der Berechnung berücksichtigen. Der Zusammenhang lautet:

$$\sigma = \frac{K_{Ic}}{\sqrt{M} \cdot \sqrt{t}}$$

darin ist σ die Spannung, K_{Ic} die Rißzähigkeit, M ein Geometriefaktor und t die Rißtiefe.

Betrachtet man die Schiene als Bauteil und die Eigenspannungen als eine Größe, welche die kritische Spannungsintensität an der Rißspitze (= Rißzähigkeit des Bauteils) vermindert, so ergibt sich die in Fig. 5 gezeigte Darstellung. Aufgetragen ist die Rißzähigkeit des Bauteils Schiene K_I über der Rißzähigkeit des Schienenstahls K_{Ic} . Der kritische K_I -Wert stellt dabei ein Maß für die Bruchsicherheit der Schiene dar. Für den Fall der eigenspannungsfreien Schiene, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt ist, gruppieren sich die Werte um die 45°-Gerade. Für Schienen mit Eigenspannungen liegt der kritische K_I -Wert dagegen deutlich unterhalb dieser Geraden.

Die Bruchsicherheit der erfindungsgemäß gerichteten Schiene ist folglich deutlich höher als diejenige von normalgerichteten Schienen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird auch die Dauerschwingfestigkeit des Bauteils Schiene als Träger, also die Gestaltfestigkeit, verbessert. Die Erhöhung der Gestaltfestigkeit liegt in der Größenordnung von 10 bis 20%.

Schienen, die erfindungsgemäß eigenspannungsarm gerichtet werden, können in folgender Weise vorteilhaft eingesetzt werden:

- 5 — Ohne Veränderung der gegebenen Betriebsbedingungen (gleiche Schienenfestigkeit, gleiches Schienen-Profil, gleiche Achslasten) ergibt sich eine verbesserte Bruchsicherheit und Dauerhaltbarkeit (Gestaltfestigkeit) der Schiene.
- 10 — Unter Beibehaltung der Bruchsicherheit kann bei gleichem Schienen-Profil und gleicher Schienenfestigkeit die Beanspruchung, d. h. die Achslast, erhöht werden.
- Unter Beibehaltung der Bruchsicherheit, der Schienenfestigkeit und der Achslasten kann das Metergewicht der Schienen vermindert werden.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

- Leerseite -

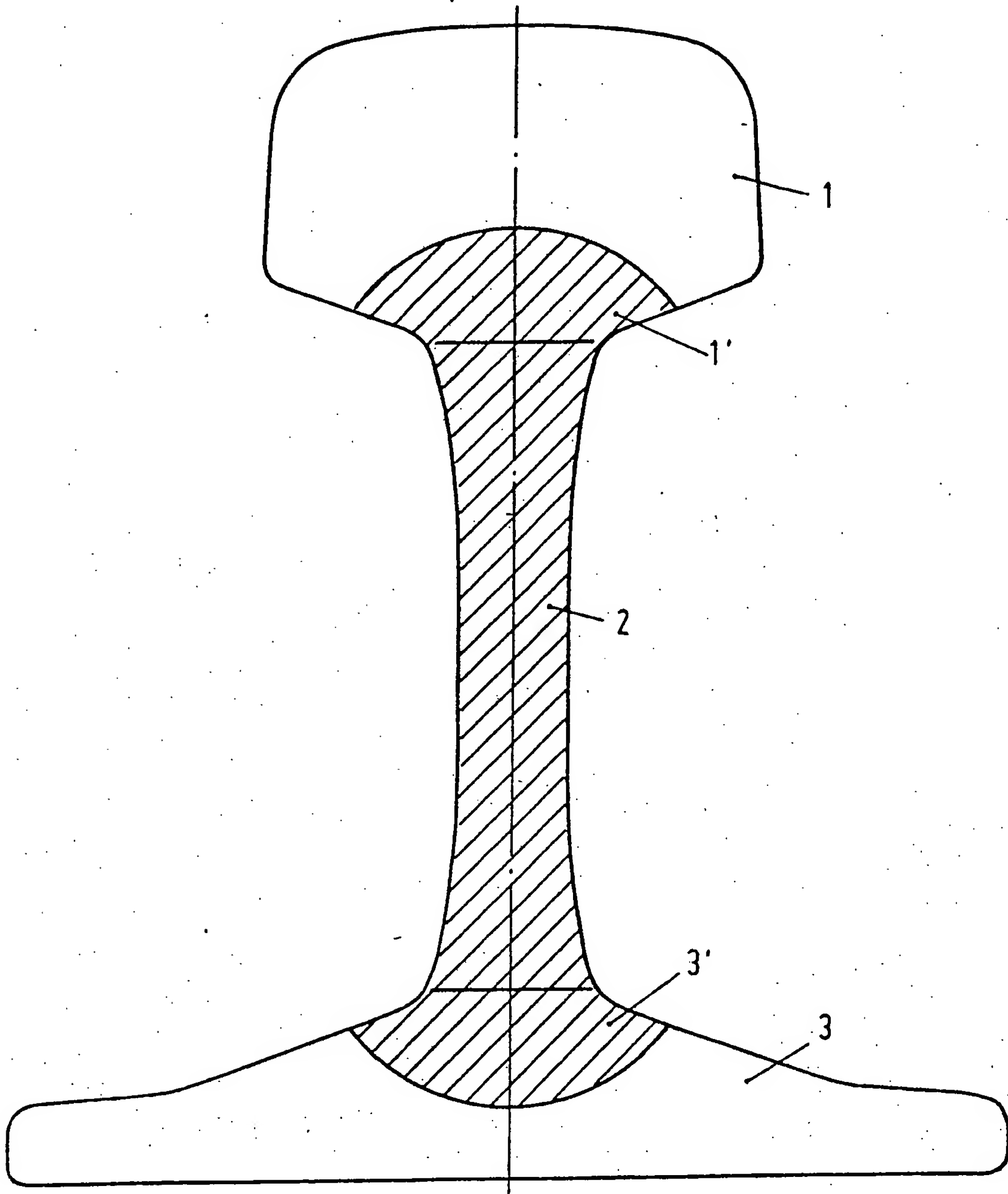


Fig. 1

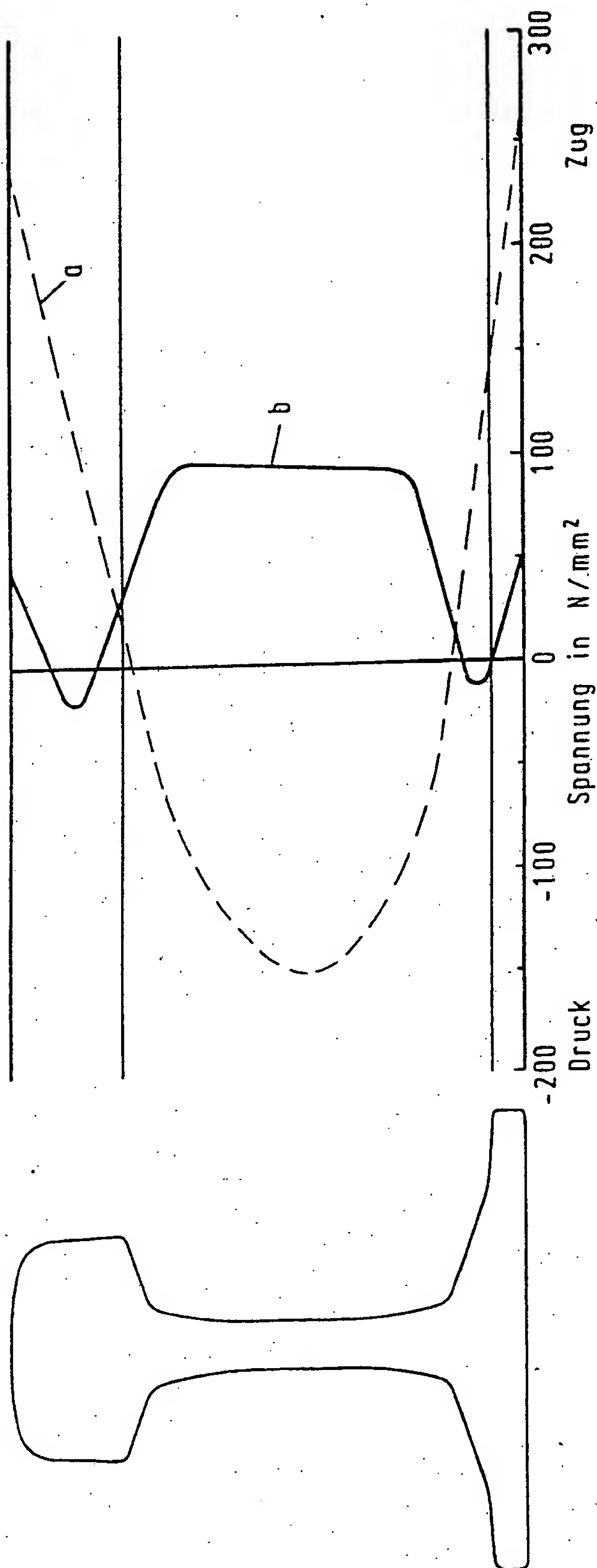


Fig. 2

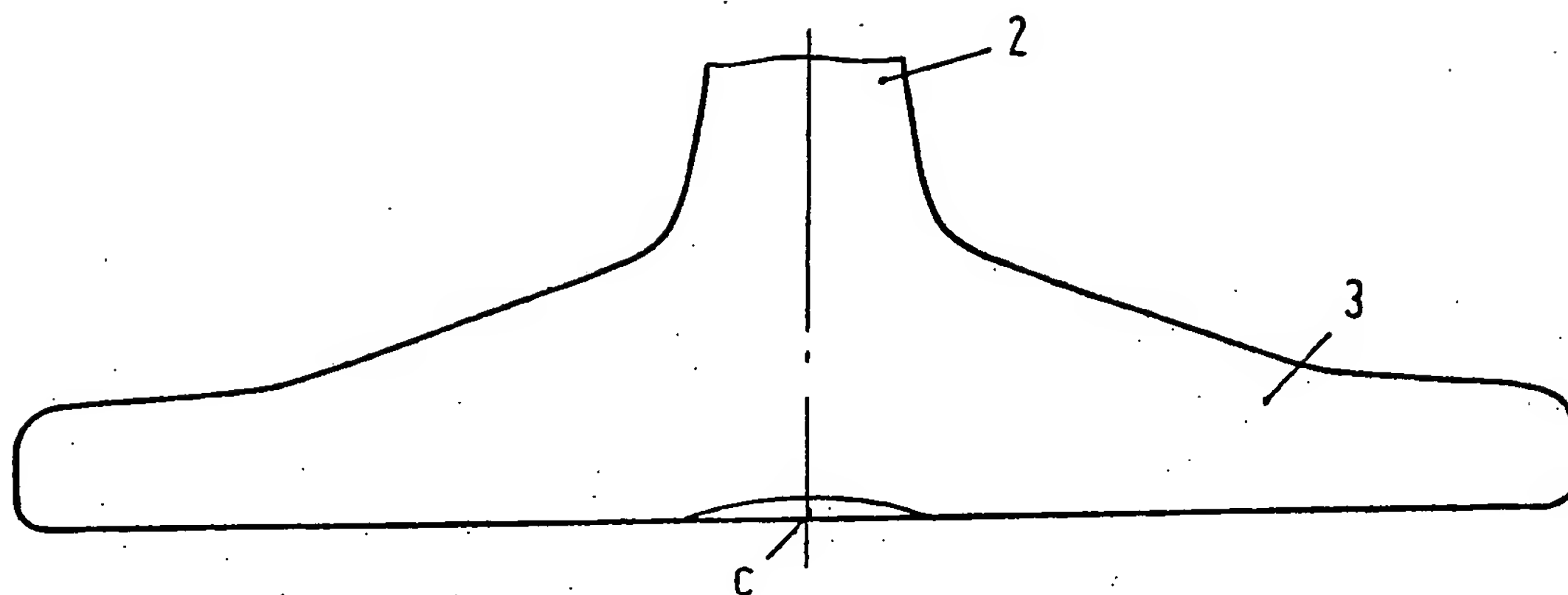


Fig. 3

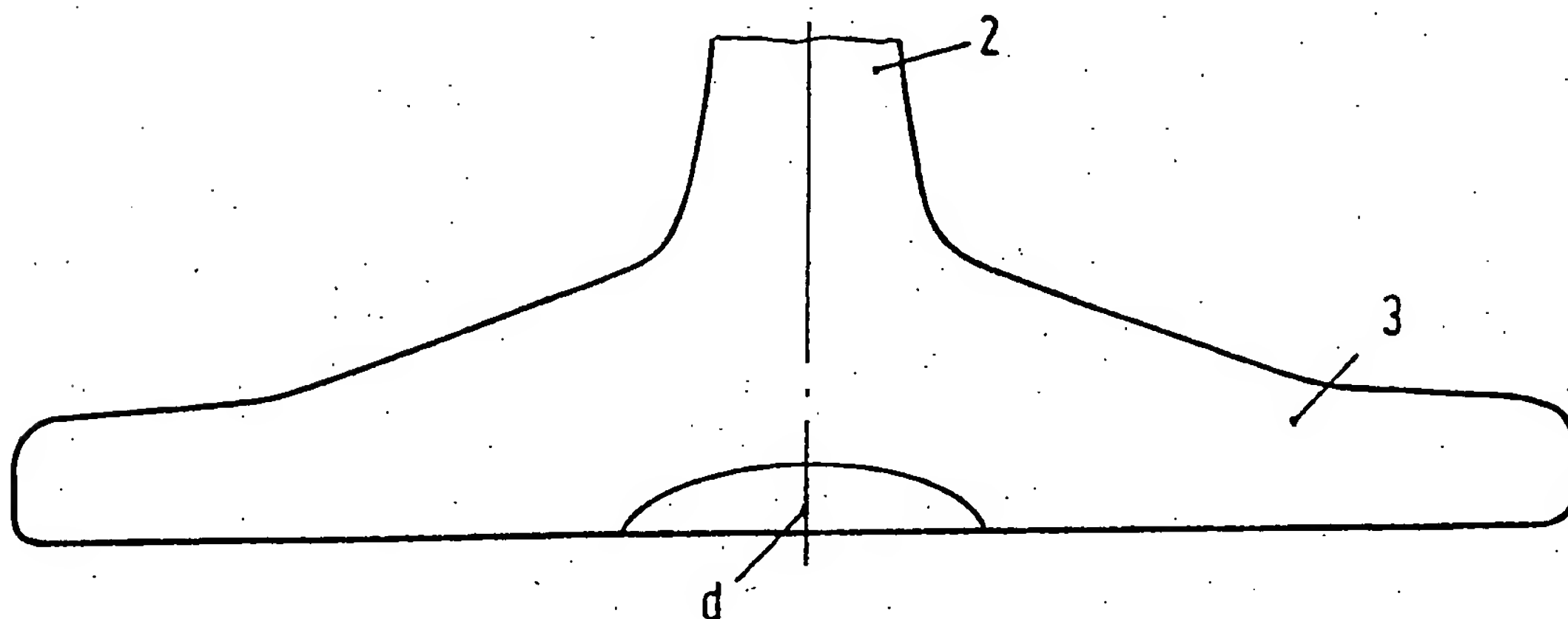


Fig. 4

- △ □ eigenspannungsfreie Schienen (nach erfindungsgemäßem Verfahren behandelt)
 ● ▲ ■ normalgerichtete Schienen mit Eigenspannungen

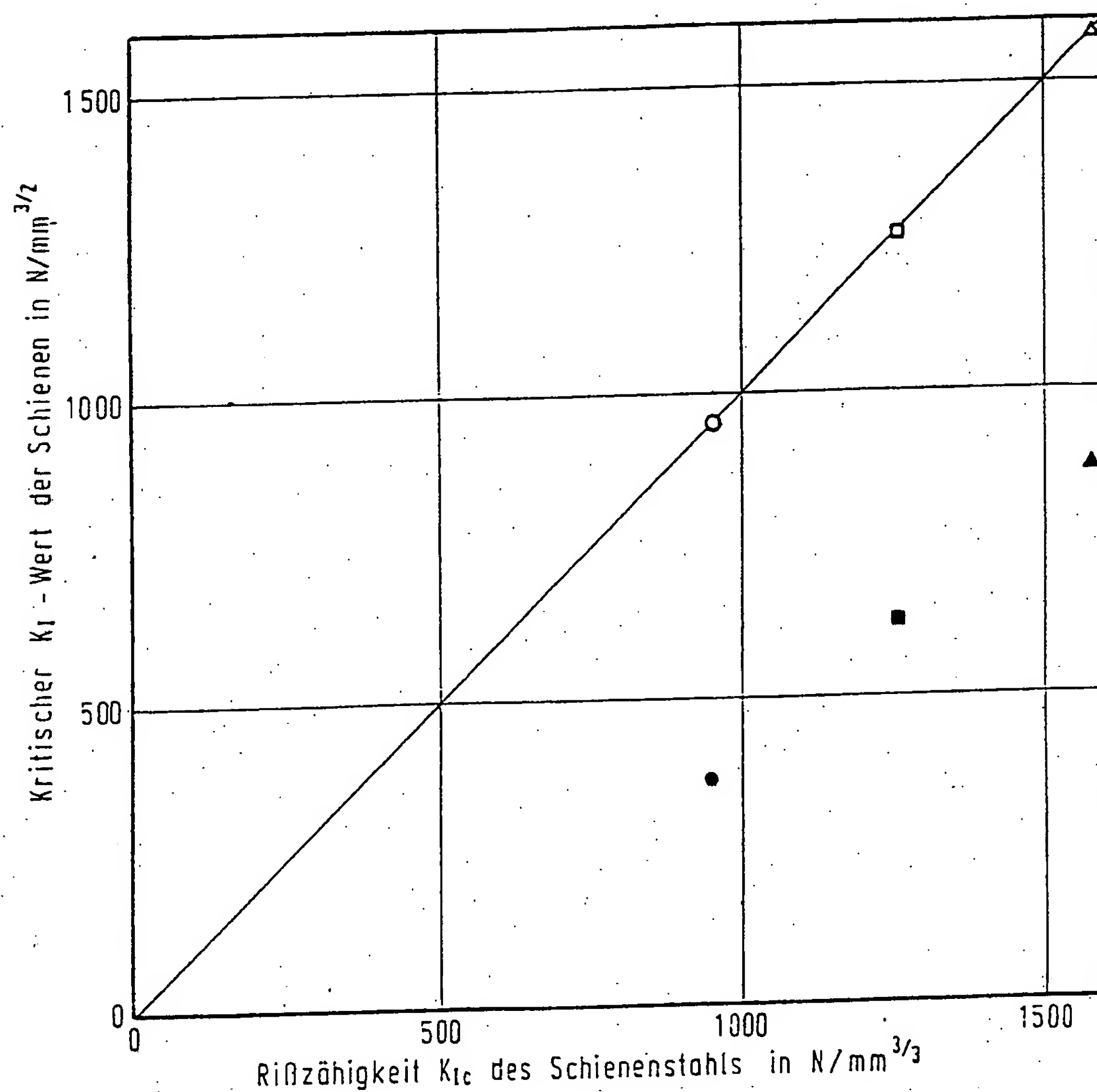


Fig. 5